

Научная статья

УДК 630*232.31.3

DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-93-104

Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)

В.Ю. Острошенко^{1✉}, канд. с.-х. наук, мл. науч. сотр.; ResearcherID: [AAI-8395-2020](https://orcid.org/0000-0002-1970-9293),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1970-9293>

Л.Ю. Острошенко², канд. биол. наук, доц.; ResearcherID: [CAH-1621-2022](https://orcid.org/0000-0002-5379-556X),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5379-556X>


¹ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, просп. 100-летия Владивостоку, д. 159, г. Владивосток, Россия, 690022; OstroshenkoV@mail.ru[✉]

²Приморский государственный аграрно-технологический университет, просп. Блюхера, д. 44, г. Уссурийск, Россия, 692510; OstroshenkoV@mail.ru

Поступила в редакцию 06.04.21 / Одобрена после рецензирования 23.07.21 / Принята к печати 02.08.21

Аннотация. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) является перспективным интродуцентом, который может быть использован для восстановления лесных насаждений в южной части Приморского края. Данная древесная порода имеет водорегулирующее и горноукрепительное значение. Широко применяется в народном хозяйстве. Однако рубка леса приводит к сокращению площади ее произрастания. Один из способов ускоренного восстановления сосны обыкновенной – использование стимуляторов роста. Цель настоящей работы – исследование воздействия препаратов натурального (Циркон, Экопин, Рибав-Экстра), а также синтетического (Крезацин, Эпин-Экстра) происхождения на грунтовую всхожесть семян и биометрические показатели 1–2-летних сеянцев сосны обыкновенной: высоту, диаметр корневой шейки, длину мочки корня и биомассу. Перед посевом семена в течение 1 ч. замачивали в растворе KMnO_4 (0,5 %), а затем в растворах стимуляторов роста, концентрация которых составляла $1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$ мл/л, в течение 20 ч. В качестве контроля служили семена, не обработанные стимуляторами. На 15-й день определяли грунтовую всхожесть. В рамках того же опыта выявляли эффективность стимуляторов при корневой подкормке 1–2-летних сеянцев. Концентрации растворов – 0,2 и 0,1 мл/л воды. Для сравнения использовали сеянцы, подкормка которых не осуществлялась. Установлено, что значительный эффект на грунтовую всхожесть семян оказали препараты Крезацин, Рибав-Экстра и Экопин – всхожесть 92,7–94,0 %. Превышение по отношению к контролю – 5,7–7,2 %. При выращивании сеянцев сосны обыкновенной наиболее эффективны стимуляторы роста Крезацин, Рибав-Экстра, Циркон и Экопин. В 1-й год роста отмечено увеличение показателей высоты сеянцев на 20,3–43,5 %, диаметра у корневой шейки – на 22,2–38,9 %, длины мочки корня – на 23,5–52,9 %. Во 2-й год роста эти показатели превышали контроль на 18,4–75,5; 2,9–11,8 и 15,0–36,1 % соответственно. Биомасса 2-летних сеянцев в случае применения указанных стимуляторов увеличилась в сравнении с контрольной группой на 63,7–185,2 %. Концентрация раствора 0,1 мл/л более эффективна. Двухлетние сеянцы сосны обыкновенной, выращенные с применением корневой подкормки растворами с указанными выше препаратами, по биометрическим показателям соответствуют требованиям Правил лесовосстановления 2020 г., существенно превышая обозначенные там значения. Данные сеянцы можно использовать для закладки лесных массивов и в озеленении районов населенных пунктов.

© Острошенко В.Ю., Острошенко Л.Ю., 2023

 Статья опубликована в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии CC BY 4.0

Ключевые слова: стимуляторы, корневая подкормка, Крезацин, Рибав-Экстра, Циркон, Экопин, Эпин-Экстра, сосна обыкновенная, всхожесть, сеянцы, уход за сеянцами, предпосевная обработка семян

Благодарности: Исследование выполнено в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема № 121031000120-9 «Изучение и мониторинг наземных биологических ресурсов юга Дальнего Востока России».

Для цитирования: Острошенко В.Ю., Острошенко Л.Ю. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Изв. вузов. Лесн. журн. 2023. № 4. С. 93–104. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-4-93-104>

Original article

Influence of Growth Stimulants on Seed Germination and Seedlings Growth of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.)

Valentina Yu. Ostroshenko^{1✉}, Candidate of Agriculture, Junior Research Scientist; ResearcherID: [AAI-8395-2020](https://orcid.org/0000-0002-1970-9293), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1970-9293>

Lyudmila Yu. Ostroshenko², Candidate of Biology, Assoc. Prof.; ResearcherID: [CAH-1621-2022](https://orcid.org/0000-0002-5379-556X), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5379-556X>

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, pros. 100-year of Vladivostok, 159, Vladivostok, 690022, Russian Federation; OstroshenkoV@mail.ru[✉]

²The Primorsky State Agricultural and Technological University, pros. Blyuhera, 44, Ussurisk, 692510, Russian Federation; OstroshenkoV@mail.ru

Received on April 06, 2021 / Approved after reviewing on July 23, 2021 / Accepted on August 02, 2021

Abstract. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is a potential introduced plant that can be used for reforestation in the southern part of Primorsky Krai. This plant is valuable for water regulation and mountain strengthening. It is widely used in the national economy. However, the growing area of the stands reduces with logging. It is possible to speed up the regeneration process by applying growth stimulants. The purpose of this study is to investigate the impact of natural (Zircon, Ekopin, Ribav-Extra) and synthetic (Krezatzin, Epin-Extra) growth stimulants on seed germination and biometric parameters of annual and biennial Scots pine seedlings (height, root collar diameter, length of root lobes, and biomass). Before cultivation, the seeds were soaked for 1 hour in a solution of KMnO_4 (0.5 %) followed by 20 hours in growth stimulant solutions with concentrations $1.4 \cdot 10^{-3}$ ml/l. The control group was presented with seeds without stimulant treatment. The soil germination was controlled on day 15. It was also determined the effectiveness of the stimulants as root top dressing for annual and biennial seedlings. The concentrations of the solutions were 0.2 and 0.1 ml/l with water as a solvent. The reference group was seedlings without fertilization. Krezatzin, Ribav-Extra, and Ecopin had a significant impact on seed germination (92.7–94.0 %), exceeding the control group by 5.7–7.2 %. Krezatzin, Ribav-Extra, Zircon and Ecopin were most effective for Scots pine seedlings. In the first year of growth, seedling height increased by 20.3–43.5 %, root collar diameter by 22.2–38.9 %, root lobe length by 23.5–52.9 %. In the second year, these indicators exceeded the control group by 18.4–75.5, 2.9–11.8 and 15.0–36.1 %, respectively. The biomass of biennial seedlings increased by 63.7–185.2 % compared to the control group with the use of these stimulants. The solution concentration of 0.1 ml/l was more effective. The biennial



seedlings grown using the stimulants as root top dressing according to biometric indicators meet the requirements of the Reforestation Regulations 2020, significantly exceeding the values specified in them. These seedlings can be used for planting woodlands and landscaping in populated areas.

Keywords: stimulants, root dressing, Krezatsin, Ribav-Extra, Zircon, Ecopin, Epin-Extra, Scots pine, germination, seedlings, seedling care, seed pre-treatment

Acknowledgment: The research was carried out under the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, theme No. 121031000120-9 «Study and Monitoring of Terrestrial Biological Resources of the South of the Russian Far East».

For citation: Ostroshenko V.Yu., Ostroshenko L.Yu. Influence of Growth Stimulants on Seed Germination and Seedlings Growth of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2023, no. 4, pp. 93–104. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-4-93-104>

Введение

Приморье – один из наиболее крупных дальневосточных регионов России. Вся территория края протянулась вдоль побережья Японского моря, что оказывает существенное влияние на климат и растительность. Последний проведенный учет лесного фонда показал, что общая площадь лесов Приморского края превышает 10 000 га и более половины этой площади приходится на хвойные древесные породы (не менее 5300 тыс. га) [17]. На землях фонда активно выращиваются представители рода *Pinus*: сосна, пихта, ель и лиственница.

Дальневосточные леса преимущественно произрастают в гористой местности. В этих условиях (горный рельеф, каменистая почва) при наличии легкораннимой и сложновосстанавливающейся экосистемы именно сосна обыкновенная заслуженно считается одной из самых лучших лесных пород, способной закрепить овраги, песчаные склоны, полесозащитные и придорожные полосы. В то же время древесина сосны обыкновенной активно применяется для различных народно-хозяйственных нужд, в связи с чем пользуется спросом и активно вырубается. Ученые пришли к выводу, что биологические и экологические особенности сосны обыкновенной обуславливают необходимость ее активной защиты и часто проведения мероприятий, целью которых является воспроизводство вида. Один семенной год в сосняках региона может приходиться на 3–4 неурожайных сезона [10] и у семян при таком длительном хранении снижаются энергия прорастания и всхожесть, поэтому требуется их обработка растворами стимуляторов роста.

Стимуляторы роста – это вещества, являющиеся качественными ингибиторами или активаторами процессов роста и развития любого растения. Они могут быть натуральными (природного происхождения, например Циркон), либо искусственно синтезированными (например Крезацин). Первые исследования стимуляторов роста, применяемых в сельском хозяйстве, продемонстрировали высокую эффективность их использования. Семена, предварительно обработанные препаратами, отличаются хорошими показателями лабораторной и грунтовой всхожести. Рост сеянцев, для подкормки которых применялись стимуляторы, становится более активным. Кроме того, повышается их сохранность [2, 3, 5–8, 11–19].

Наиболее распространенные в сфере сельского хозяйства стимуляторы перечислены ниже.

Крезацин – синтетический иммуностимулятор, качественно характеризуется широким спектром биологической активности, легко растворяется в воде или спирте, совершенно не растворяется в эфире [9].

Рибав-Экстра – продукт, вырабатываемый микоризными грибами, выделенными из корней женьшеня посредством применения биотехнологий, имеет в своем составе уникальный натуральный комплекс (аминокислоты + фитогормоны + витамины), даже минимальные дозы препарата способны активизировать все процессы жизнедеятельности у растений. Действующим веществом является 0,00125 г/л L-аланина и 0,00196 г/л L-глутаминовой кислоты [9].

Циркон – стимулятор, который получают посредством обработки вытяжки из цветка Эхинацеи пурпурной, имеет в составе комплексные эфиры на основе растворяемых в спирте гидроксикоричных кислот (кофейной, цикориевой, хлорогеновой), определяющих глубинное влияние препарата на метаболизм клетки и участвующих в определении гормонального статуса и энзиматического профиля [4].

Экопин – препарат, состоящий из 6,2 г/кг поли-бета-гидроксимасляной кислоты в сочетании с терпеновыми кислотами и набором элементов питания. Представляет собой продукт биосинтеза почвенных бактерий с начальным набором питательных элементов. Обладает антистрессовым эффектом [9].

Эпин-Экстра – продукт аналогичный природному фитогормону. Его действующее вещество эпибрассинолид активизирует биологические процессы в растениях, эффективно сглаживая последствия болезней, старости или стрессовых ситуаций [9].

Названные препараты обладают малой токсичностью и полностью безопасны для человека, различных теплокровных животных, некоторых насекомых и рыб. Лишены мутагенного воздействия, способствуют снижению в растениях количества солей и тяжелых металлов, повышают сопротивляемость растений заморозкам, засухе или избыточному увлажнению. Полностью растворяются в воде без осадка, не накапливаются в почве, не загрязняют поверхностных или грунтовых вод, нефитотоксичны. Абсолютно безвредны с экологической точки зрения. Рекомендованы для предпосевной, корневой и внекорневой подкормки. Все препараты занесены в список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ [9].

Цель исследования – изучение воздействия корневой подкормки перечисленными стимуляторами на грунтовую всхожесть семян, рост сеянцев сосны обыкновенной и их биометрические показатели.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются 1–2-летние сеянцы сосны обыкновенной, выращенные в питомнике Горнотаежной станции им. В.Л. Комарова (филиал ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН), находящемся в с. Горно-Таежное, в 25 км к юго-востоку от г. Уссурийска. Территория характеризуется как горно-лесной бурозем с подзолистым слоем грунта. Рельеф слабоволнистый с небольшим уклоном. Шишки сосны обыкновенной собраны осенью в лесном массиве, вблизи территории станции. Семена извлечены из собранных шишек, очищены от крылаток, а весной посеяны на грядку в питомнике. Площадь одного варианта составила 3,6 м².

Подготовка к посеву заключалась в следующем. Почву вскапывали вручную и обустроивали грядки для посева семян. Высота гряд – 20 см от уровня почвы. Расположение посевных строк – поперечное. Расстояние между центрами строк – 20 см, между вариантами опытов – 40 см. Семена в течение 1 ч. замачивали в растворе KMnO_4 (0,5 %), а затем в течение 20 ч. их одновременно выдерживали в растворах 5 стимуляторов роста: Крезацин, Рибав-Экстра, Циркон, Экопин и Эпин-Экстра. Концентрация растворов составила $1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$ мл/л. В качестве контроля использовали семена, не обработанные стимуляторами роста.

Семена дважды высевали в 3-кратной повторности. В каждой повторности (посевной строке) – по 100 шт. семян. В одном варианте – 600 шт. Всего, с учетом проведения дальнейшей корневой подкормки растворами препаратов в концентрации 0,2 и 0,1 мл/л, высеяли 3300 шт. семян: по 600 шт. семян, обработанных каждым стимулятором, и 300 шт. семян контроля. Глубина заделки семян составила 1,5 см. На 15-й день определяли грунтовую всхожесть семян.

В рамках тех же опытов выявляли эффективность стимуляторов роста при корневой подкормке сеянцев по всем вариантам, за исключением контроля. С момента появления всходов и начала их роста, а затем через 2 недели (в июне) и на 2-й год роста один раз, по вечерам, если не прогнозировали дождь, проводили подкормку подготовленными растворами препаратов концентрациями 0,2 и 0,1 мл/л воды (по 300 шт. сеянцев на каждую концентрацию раствора).

На протяжении 2 лет за сеянцами проводили постоянный уход. Тщательно пропалывали сорняки и разрыхляли почву между посевными строками: в 1-й год роста эта процедура осуществлялась дважды, во 2-й год – один раз. Все сеянцы регулярно поливали. После вегетации от каждого из вариантов отбирали случайным образом по 25 сеянцев. Линейкой с точностью до 0,1 мм у них измеряли высоту стволиков. Затем рассчитывали средние величины.

По завершении вегетационной стадии от каждого из вариантов исследования отбирали по 3 сеянца средней высоты. Их корни тщательно отмывали от субстрата, протирали сухой хлопчатобумажной тканью и подсушивали в затененном помещении. После просушки линейкой замеряли длину мочки корня, а штангенциркулем с точностью до 0,1 мм – диаметр его шейки. Далее корневую часть сеянцев отделяли от надземной части (стволик, хвоя, боковые побеги ветвления), высушивали каждую из этих двух частей и взвешивали на весах ВЛКТ-500 с точностью до 0,01 г.

Статистический анализ показателей грунтовой всхожести семян и высоты сеянцев проведен в программе Microsoft Excel 2007. Итоги сравнивали по вариантам проведенного исследования и с контрольными показателями. Существенность различий определяли путем применения формулы расчета различий между двумя средними показателями и дисперсионного анализа [1].

Результаты исследования и их обсуждение

Итоги метеонаблюдений на объекте исследований продемонстрировали, что погодные условия в период осуществления опытов были в пределах среднесезонных показателей.

Предпосевная обработка семян сосны обыкновенной стимуляторами роста повысила их грунтовую всхожесть (табл. 1). Она находилась в пределах 91,0–94,0 %. Превышение по отношению к контролю – 3,8–7,2 %. Наиболее

положительный эффект оказали препараты Крезацин, Рибав-Экстра и Экопин. Отмечена существенность различий с контрольными показателями $t \geq 3$. При обработке семян стимулятором Эпин-Экстра наблюдался ингибирующий эффект: грунтовая всхожесть была ниже, чем в контроле на 5,7 %. Дисперсионным анализом была установлена достоверность полученных значений.

Таблица 1

Влияние стимуляторов роста концентрацией растворов $1 \cdot 10^{-3}$ мл/л на грунтовую всхожесть семян сосны обыкновенной
The influence of growth stimulants with solution concentrations of $1 \cdot 10^{-3}$ ml/l on soil germination of Scots pine seeds

Вариант опыта	Всхожесть, %		Существенность различий, t
	M±m	к контролю	
Контроль	87,7±1,5	–	–
Крезацин	94,0±0,6	+7,2	$3,9 \geq 3$
Рибав-Экстра	93,6±0,3	+6,7	$4,2 \geq 3$
Циркон	91,0±0,6	+3,8	$1,5 \leq 3$
Экопин	92,7±0,6	+5,7	$3,1 \geq 3$
Эпин-Экстра	82,7±0,3	-5,7	$-3,3 \leq 3$
	F _{стат} / F _{табл}		$12,6662 \geq 7,71$

Позитивный эффект корневой подкормки с применением препаратов отмечен уже в 1-й год выращивания (табл. 2).

Таблица 2

Влияние корневой подкормки стимуляторами на рост 1-летних сеянцев сосны обыкновенной
The influence of root dressing with stimulants on the growth of annual seedlings of Scots pine

Стимулятор роста – концентрация раствора, мл/л	Высота		Существенность различий, t	Диаметр шейки корня		Длина мочки корня		
	M±m, см	процент к контролю		мм	процент к контролю	см	процент к контролю	
Контроль	6,9±0,2	–	–	1,8	–	6,8	–	
Крезацин	0,2	8,7±0,2	+26,1	$6,4 \geq 3$	2,2	+22,2	9,8	+44,1
	0,1	9,5±0,4	+37,7	$5,8 \geq 3$	2,4	+33,3	10,1	+48,5
Рибав-Экстра	0,2	8,5±0,4	+23,2	$3,6 \geq 3$	2,4	+33,3	8,4	+23,5
	0,1	9,8±0,2	+42,0	$10,4 \geq 3$	2,5	+38,9	9,7	+42,6
Циркон	0,2	9,3±0,2	+34,8	$8,6 \geq 3$	2,4	+33,3	9,4	+38,2
	0,1	9,9±0,3	+43,5	$8,3 \geq 3$	2,5	+38,9	10,4	+52,9
Экопин	0,2	8,3±0,1	+20,3	$6,4 \geq 3$	2,3	+27,8	8,6	+26,5
	0,1	9,2±0,2	+33,3	$8,2 \geq 3$	2,4	+33,3	10,3	+51,5
Эпин-Экстра	0,2	7,6±0,2	+10,1	$2,5 \leq 3$	2,0	+11,1	8,1	+19,1
	0,1	8,0±0,5	+15,9	$2,0 \leq 3$	2,1	+16,7	9,2	+35,3

На прирост 1-летних сеянцев по высоте наибольшее влияние оказала их 2-кратная подкормка растворами стимуляторов роста Крезацин, Циркон, Рибав-Экстра и Экопин. Так, при концентрации растворов 0,2 мл/л превышение по отношению к контролю составило 20,3–34,8 %, при концентрации 0,1 мл/л – 33,3–43,5 %, средняя высота находилась в пределах 8,3–9,3 см. Отмечена существенная разница с контролем: $t \geq 3$. Согласно данным дисперсионного анализа влияние стимуляторов на увеличение высоты достоверно на 5%-м уровне значимости (табл. 3). Эпин-Экстра оказал меньший эффект: было выявлено превышение по отношению к контрольному показателю лишь на 16 %.

Таблица 3

**Дисперсионный анализ влияния стимуляторов роста на высоту
1-летних сеянцев сосны обыкновенной**
**Dispersion analysis of the effect of growth stimulants on the height
of annual seedlings of Scots pine**

Сравниваемые совокупности	df	S	MS	F _{стат}	F _{табл}
Между группами	10	219,6360	21,9636	13,0415	4,28
Внутри групп	276	464,8205	1,6841	–	–
Общее	286	684,4565	–	–	–

Увеличение прироста диаметра шейки корня было вызвано применением всех стимуляторов. Так, при использовании стимулятора Крезацин превышение контрольной отметки в зависимости от концентрации находилось в пределах 22,2–33,3 %; при использовании стимуляторов Циркон, Рибав-Экстра – 33,3–38,9 %, Экопин – 27,8–33,3 %. При корневой подкормке растворами с препаратом Эпин-Экстра превышение составило 11,1–16,7 %. Причем фактический диаметр был практически одинаковым при концентрациях 0,2 и 0,1 мл/л – соответственно до 2,4 и 2,5 мм.

Наибольшая длина мочки корня отмечена при применении препаратов Рибав-Экстра, Крезацин, Экопин и Циркон. Средняя величина составила 8,4–9,8 см для концентрации раствора 0,2 мл/л (показатель превысил контроль на 19,1–44,1 %) и 9,7–10,4 см для концентрации 0,1 мл/л (превышение по отношению к контролю – 35,3–52,9 %). При применении препарата Эпин-Экстра длина мочки корня составила 8,1–9,2 см.

Существенное развитие 1-летних сеянцев, вызванное корневой подкормкой стимуляторами роста, характеризовало последующий рост 2-летних сеянцев (табл. 4).

Использование раствора концентрацией 0,1 мл/л способствовало более существенному росту сеянцев по сравнению с применением раствора концентрацией 0,2 мл/л. Так, при концентрации 0,2 мл/л сеянцы превысили контроль по высоте на 17,0–31,3 %, высота составила 17,2–19,3 см. При концентрации раствора 0,1 мл/л – на 19,0–75,5 %, при средней высоте 17,5–25,8 см. Различия с контролем достоверны: $t \geq 3$. Стимуляторы Крезацин, Рибав-Экстра, Циркон и Экопин наиболее эффективны. С помощью дисперсионного анализа доказана достоверность влияния стимуляторов на высоту сеянцев (табл. 5).

Таблица 4

**Влияние корневой подкормки стимуляторами на рост
2-летних сеянцев сосны обыкновенной**
**The influence of root top dressing with stimulants on the growth
of biennial seedlings of Scots pine**

Стимулятор роста – концентрация раствора, мл/л	Высота		Суще- ствен- ность различий, t	Диаметр шейки корня		Длина мочки корня	
	M±m, см	процент к контролю		мм	процент к контролю	см	процент к контролю
Контроль	14,7±0,2	–	–	3,4	–	13,3	–
Крезацин 0,2	19,3±0,3	+31,3	12,8 ≥ 3	3,5	+2,9	15,8	+18,8
0,1	25,8±0,5	+75,5	20,6 ≥ 3	3,8	+11,8	16,9	+27,1
Рибав-Экстра 0,2	18,1±0,4	+23,1	7,6 ≥ 3	3,5	+2,9	16,9	+27,1
0,1	21,2±0,5	+44,2	12,0 ≥ 3	3,7	+8,8	18,1	+36,1
Циркон 0,2	19,2±0,6	+30,6	7,1 ≥ 3	3,6	+5,9	17,1	+28,6
0,1	24,3±0,5	+65,3	17,8 ≥ 3	3,7	+8,8	17,5	+31,6
Экопин 0,2	17,4±0,3	+18,4	7,5 ≥ 3	3,5	+2,9	15,3	+15,0
0,1	20,5±0,8	+39,5	7,1 ≥ 3	3,6	+5,9	17,7	+33,1
Эпин-Экстра 0,2	17,2±0,3	+17,0	6,9 ≥ 3	3,5	+2,9	14,8	+11,3
0,1	17,5±0,3	+19,0	7,8 ≥ 3	3,6	+5,9	16,1	+21,1

Таблица 5

**Дисперсионный анализ влияния стимуляторов роста на высоту
2-летних сеянцев сосны обыкновенной**
**Dispersion analysis of the effect of growth stimulants on the height
of biennial seedlings of Scots pine**

Сравниваемые совокупности	df	S	MS	F _{стат}	F _{табл}
Между группами	10	2743,4877	274,3488	19,5246	4,28
Внутри групп	276	3878,2036	14,0515	–	–
Общее	286	6621,6913	–	–	–

На увеличение диаметра корневой шейки положительно повлияла подкормка всеми стимуляторами роста при концентрации раствора 0,1 мл/л (превышение контрольной отметки на 5,9–11,8 %), диаметр в этом случае составил 3,6–3,8 мм. Менее эффективна концентрация 0,2 мл/л: превышение по сравнению с контролем находилось в пределах 2,9–5,9 %, средние показатели составили 3,5–3,6 мм.

Наиболее позитивный эффект на прирост длины мочки корня был оказан стимуляторами роста Рибав-Экстра и Циркон (при обеих концентрациях растворов), а также Экопин (при концентрации 0,1 мл/л). Превышение по отношению к контрольным показателям лежит в пределах 27,1–36,1 %, средние показатели составили 16,9–18,1 см.

Примененные в опытах стимуляторы роста оказали положительное воздействие на увеличение биомассы сеянцев. Так, при их корневой подкормке стимулятором Крезацин превышение по сравнению с контрольными величинами составило 108,9–136,3 %, препаратами Рибав-Экстра, Циркон, Экопин – 124,4–162,2; 63,7–108,1 и 131,9–185,2 % соответственно. Эпин-Экстра оказался менее эффективен, показатели превысили контроль лишь на 30,4–46,7 % (табл. 6).

Таблица 6

Воздействие растворов стимуляторов роста разной концентрации на биомассу 2-летних сеянцев сосны обыкновенной
Impact of growth stimulant solutions of various concentrations on biomass of biennial seedlings of Scots pine

Стимулятор	Масса сеянца в воздушно-сухом состоянии, г					
	стволик	боковые побеги ветвления	хвоя	итого надземная часть	корневая система	общая масса
Контроль	0,41	0,01	0,52	0,94	0,41	1,35
<i>Концентрация раствора 0,2 мл/л</i>						
Крезацин	0,82	0,02	0,78	1,62	1,20	2,82
	+100,0	+100,0	+50,0	+72,3	+192,7	+108,9
Рибав-Экстра	0,91	0,02	0,81	1,74	1,29	3,03
	+122,2	+100,0	+55,8	+85,1	+214,6	+124,4
Циркон	0,73	–	0,71	1,44	0,77	2,21
	+78,0	–	+36,5	+53,2	+87,8	+63,7
Экопин	0,96	0,02	0,87	1,85	1,28	3,13
	+134,1	+100,0	+67,3	+96,8	212,2	+131,9
Эпин-Экстра	0,61	–	0,63	1,24	0,52	1,76
	+48,8	–	+21,2	+31,9	+26,8	+30,4
<i>Концентрация раствора 0,1 мл/л</i>						
Крезацин	1,19	0,02	1,39	2,58	0,61	3,19
	+190,2	+100,0	+167,3	+174,5	+48,8	+136,3
Рибав-Экстра	1,31	0,02	1,58	2,91	0,63	3,54
	+219,5	+100,0	+203,8	+209,6	+53,7	+162,2
Циркон	0,94	0,01	1,32	2,27	0,54	2,81
	+129,3	–	+153,8	+141,5	+31,7	+108,1
Экопин	1,42	0,02	1,72	3,16	0,69	3,85
	+246,3	+100,0	+230,8	+236,2	+68,3	+185,2
Эпин-Экстра	0,72	–	0,68	1,40	0,58	1,98
	+75,6	–	+30,8	+48,9	+41,5	+46,7

Примечание: В нижней ячейке приведен процент по отношению к контролю.

Заключение

Проведенные исследования продемонстрировали эффективность стимуляторов роста Циркон, Экопин, Рибав-Экстра, Крезацин и Эпин-Экстра для выращивания сеянцев сосны обыкновенной при концентрации 0,1 мл/л, однако препарат Эпин-Экстра оказался менее эффективным по сравнению с другими препаратами. Отмечено повышение грунтовой всхожести, а также существенная активация роста сеянцев по большинству биометрических показателей. Двулетние сеянцы, выращиваемые с применением корневой подкормки указанными стимуляторами, не только соответствуют показателям, прописанным в действующих Правилах лесовосстановления (приказ Минприроды России от 04 декабря 2020 г. № 1014 «Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений»), но и превышают их по средней высоте и диаметру корневой шейки. Таким образом, выращенные с использованием корневой подкормки 2-летние сеянцы сосны обыкновенной могут служить в качестве посадочного материала при закладке лесных массивов и при озеленении населенных пунктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Доев С.К. Математические методы в лесном хозяйстве. Уссурийск: ПГСХА, 2001. 124 с.
Doyev S.K. *Mathematical Methods in Forestry. A Study Guide*. Ussuriysk, PGSKhA Publ., 2001. 124 p. (In Russ.).
2. Кабанова С.А., Данченко М.А., Кочегаров И.С., Кабанов А.Н. Опыт интенсивного выращивания однолетних сеянцев сосны обыкновенной в Павлодарской области Республики Казахстан // Изв. вузов. Лесн. журн. 2019. № 6. С. 104–117.
Kabanova S.A., Danchenko M.A., Kochegarov I.S., Kabanov A.N. The Experience of Intensive Cultivation of One-Year-Old Seedlings of *Pinus sylvestris* L. in Pavlodar Region of the Republic of Kazakhstan. *Lesnoy zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2019, no. 6, pp. 104–117. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.6.104>
3. Кириенко М.А., Гончарова И.А. Влияние концентрации стимуляторов роста на грунтовую всхожесть семян и сохранность сеянцев главных лесобразующих видов Средней Сибири // Сиб. лесн. журн. 2016. № 1. С. 39–45.
Kiriyenko M.A., Goncharova I.A. The Influence of Growth Stimulants at Different Concentrations on Ground Seed Germination and Survival of Seedlings of the Main Forest Forming Species of Central Siberia. *Sibirskij lesnoj zhurnal* = Siberian Journal of Forest Science, 2016, no. 1, pp. 39–45. (In Russ.). <https://doi.org/10.15372/SJFS20160104>
4. Малеванная Н.Н., Быховская Н.В. Циркон – новый фитопрепарат для сельского хозяйства, полученный на основе нетрадиционного растительного сырья // Химическое и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2001. № 5. С. 7.
Malevannaya N.N., Bykhovskaya N.V. Zircon – a New Phytopreparation for Agricultural Use Derived from an Unconventional Herbal Raw Material. *Khimicheskoye i komp'yuternoye modelirovaniye. Butlerovskiyee soobshcheniya*, 2001, no. 5, pp. 7. (In Russ.).
5. Остробородова Н.И., Уланова О.И. Влияние регуляторов роста на биологические свойства сосны обыкновенной // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 1(17). С. 33–37.

Ostrobodova N.I., Ulanova O.I. Influence of Growth Regulators on the Biological Properties of Scots Pine. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*, 2014, no. 1(17), pp. 33–37. (In Russ.).

6. Пентелькин С.К. Итоги изучения стимуляторов роста и полимеров в лесном хозяйстве за последние 20 лет // Лесохоз. информ. 2003. № 11. С. 34–53.

Pentelkin S.K. The Results of the Research on Growth Stimulants and Polymers in Forestry in the Last 20 Years. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya*, 2003, no. 11, pp. 34–53. (In Russ.).

7. Пентелькина Н.В., Острошенко Л.Ю. Выращивание сеянцев хвойных пород в условиях Севера и Дальнего Востока с использованием стимуляторов роста // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2005. Вып. 10. С. 125–129.

Pentelkina N.V., Ostroshenko L.Yu. The Cultivation of Coniferous Seedlings in the North and the Far East Using Growth Stimulants. *Aktual'nyye problemy lesnogo kompleksa*, 2005, vol. 10, pp. 125–129. (In Russ.).

8. Пентелькина Ю.С. Опыт-производственная проверка крезацина в лесных питомниках // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития. Брянск: БГИТА, 2003. Вып. 5. С. 130–132.

Pentelkina Yu.S. Experimental and Field Testing of Crezacin in Forest Nurseries. *Lesnoy kompleks: sostoyaniye i perspektivy razvitiya*. Bryansk, BGITA Publ., 2003, vol. 5, pp. 130–132. (In Russ.).

9. Справочник пестицидов 2023. Режим доступа: [https://www. agroxxi.ru/goshandbook](https://www.agroxxi.ru/goshandbook) (дата обращения: 26.05.23).

Pesticide Directory 2023. Website of agroXXI.ru: news portal for agribusiness professionals in the agriculture, farming, and machinery sectors. (In Russ.).

10. Усенко Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. Хабаровск: Кн. изд-во, 1969. 416 с.

Usenko N.V. *Trees, Shrubs and Lianas of the Far East*. Khabarovsk, Izdatel'stvo Kniga Publ., 1969. 416 p. (In Russ.).

11. Устинова Т.С., Ченцов С.С. Выращивание сеянцев сосны обыкновенной с использованием стимулятора эпин-экстра // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2013. Вып. 37. С. 26–28.

Ustinova T.S., Chentsov S.S. Cultivation of Scots Pine Seedlings Using Epin-Extra Stimulant. *Aktual'nyye problemy lesnogo kompleksa*, 2013, vol. 37, pp. 26–28. (In Russ.).

12. Чилимов А.И., Пентелькин С.К. Проблемы использования стимуляторов роста в лесном хозяйстве // Лесн. хоз-во. 1995. № 6. С. 11–12.

Chilimov A.I., Pentelkin S.K. Problems of Using Growth Stimulants in Forestry. *Lesnoye khozyaystvo = Forestry*, 1995, no. 6, pp. 11–12. (In Russ.).

13. Brent A.C., Bert M.C. Gibberellic Acid Inhibitors Control Height Growth and Cone Production in *Abies fraseri*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2017, vol. 32, no. 5, pp. 391–396. <https://doi.org/10.1080/02827581.2016.1242771>

14. Chang E.H., Jung S.M., Hur Y.Y., Nam J.Ch., Choi I.M. Characteristics of the Fruit Quality and Volatile Compounds of «Cheongsoo» Grape by Treatment With Different Plant Growth Regulators. *Korean Journal Horticultural Science and Technology*, 2018, vol. 36, no. 3, pp. 326–336. <https://doi.org/10.12972/kjhst.20180032>

15. Krawczynska M., Kolwzan B., Rybak J. The Influence of Biopreparation on Seed Germination and Growth. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2012, vol. 21, no. 6, pp. 1697–1702.

16. Kuneš I., Baláš M., Linda R., Gallo J. Effects of Brassinosteroid Application on Seed Germination of Norway Spruce, Scots Pine, Douglas Fir, and English Oak. *IForest: Biogeosciences and Forestry*, 2016, vol. 10, no. 1, pp. 121–127. <https://doi.org/10.3832/ifor1578-009>

17. Ostroshenko V., Ostroshenko L. Efficiency of the Application of Growth Stimulants Ribav-Extra and Zircon in the Germination of Manchurian Fir (*Abies holophylla* Maxim.) seeds. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Proceedings of AFE-2021*. Springer Publ., 2022, vol. 353, pp. 637–647. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8_71

18. Salaš, P., Sasková H., Mokričková J., Litschmann T. Evaluation of Different Types of Rooting Stimulators. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2013, vol. 60, no. 8, pp. 217–228. <https://doi.org/10.11118/actaun201260080217>

19. Shchukin R.A., Bogdanov O.E., Zavoloka I.P., Ryazanov G.S., Kruglov N.M. Biotechnological Basis for Application of Growth Regulators for Rooting of Green Cuttings of Trees and Shrubs in a Greenhouse with a Misting System. *BIO Web of Conferences*, 2020, vol. 23, art. no. 01009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202301009>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article